ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 SEPTEMBRE 1915.

PRÉSIDENCE DE M. Ed. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. A. Lacroix dépose sur le bureau, au nom de M. Lucien Poincaré, directeur de l'Enseignement supérieur, un Ouvrage en deux volumes, *La Science française*, publié par M. le Ministre de l'Instruction publique, à l'occasion de l'Exposition internationale de San-Francisco.

Cet Ouvrage est destiné à mettre sous les yeux du public américain un tableau du rôle joué par le génie français dans l'établissement et dans le développement des diverses sciences; il sert d'explication à une bibliothèque, placée dans le pavillon français de l'Exposition et dans laquelle a été réunie une série des principales publications scientifiques de notre pays.

Le lecteur y trouvera une série de courts articles rédigés d'une façon indépendante par des spécialistes qualifiés, au nombre desquels se trouvent beaucoup de nos Confrères.

Le Tome I est celui qui correspond aux sciences du ressort de notre Académie. Après une introduction de M. Lucien Poincaré, qui expose le but envisagé, se trouvent les chapitres suivants : la Philosophie par Henri Bergson, la Sociologie par Émile Durkheim, la Science de l'Éducation par Paul Lapie, les Mathématiques par M. Paul Appell, l'Astronomie par M. Baillaud, la Physique par M. Edmond Bouty, la Chimie par M. André Job, la Minéralogie par M. Alfred Lacroix, la Géologie par M. Emm. de Margerie, la Paléobotanique par M. R. Zeiller, la Paléontologie zoologique par M. Marcellin Boule, la Biologie par M. Félix Le Dantec, les Sciences médicales par M. Henri Roger, la Science géographique par M. Emm. de Martonne. Chaque notice est suivie d'une liste bibliographique et contient

le portrait du savant français qui a paru le plus représentatif de la science considérée.

Cet Ouvrage est bien présenté ; il fait honneur à la Science française et à ceux qui ont eu l'idée de l'entreprendre.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une deuxième forme des fonctions* Θ *du quatrième degré*. Note de M. **Paul Appell.**

Les fonctions θ elliptiques peuvent être mises sous deux formes différentes, suivant le rôle particulier qu'on fait jouer à l'une ou à l'autre des périodes.

Nous nous proposons ici d'indiquer de même une seconde forme des fonction Θ du quatrième degré : c'est ce problème que j'ai appelé antérieurement le *problème de la transformation*.

D'après des notations déjà employées, désignons par α, β, γ, δ des entiers dont le premier est positif, et posons

$$\varphi(\lambda) = \alpha\frac{\lambda(\lambda-1)(\lambda-2)(\lambda-3)}{1.2.3.4} + \beta\frac{\lambda(\lambda-1)(\lambda-2)}{1.2.3} + \gamma\frac{\lambda(\lambda-1)}{1.2} + \delta\lambda,$$

$$\varphi_1(\lambda) = \varphi(\lambda+1) - \varphi(\lambda) = \alpha\frac{\lambda(\lambda-1)(\lambda-2)}{1.2.3} + \beta\frac{\lambda(\lambda-1)}{1.2} + \gamma\lambda + \delta,$$

$$\varphi_2(\lambda) = \varphi_1(\lambda+1) - \varphi_1(\lambda) = \alpha\frac{\lambda(\lambda-1)}{1.2} + \beta\lambda + \gamma,$$

$$\varphi_3(\lambda) = \varphi_2(\lambda+1) - \varphi_2(\lambda) = \alpha\lambda + \beta.$$

Soit n un entier quelconque, la fonction Θ la plus générale du quatrième degré est

$$\Theta\begin{pmatrix}\omega, x, y, z\\ \alpha, \beta, \gamma, \delta\end{pmatrix} = \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} e^{\omega\varphi(n)+x\varphi_1(n)+y\varphi_2(n)+z\varphi_3(n)}.$$

Introduisons une quatrième variable t, en posant

$$F(x, y, z, t) = e^{\alpha t}\Theta\begin{pmatrix}\omega, x, y, z\\ \alpha, \beta, \gamma, \delta\end{pmatrix}.$$

Cette nouvelle fonction entière F possède la période $2\pi i$ par rapport à chaque variable et vérifie la relation

$$F(x+\omega, y+x, z+y, t+z) = F(x, y, z, t).$$

Ceci rappelé, faisons le changement de variables indiqué dans la Note [1]

[1] *Contribution à l'étude des fonctions* Θ *de degrés supérieurs* (*Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 161-165).

des *Comptes rendus* du 17 août 1915 : ce changement consiste à conserver x et à remplacer y, z, t par trois nouvelles variables y_2, y_3, y_4 définies par

$$
(1) \quad \left\{
\begin{aligned}
y &= y_2 + \frac{x(x-\omega)}{2\omega},\\
z &= y_3 + y_2\frac{x}{\omega} + \frac{x(x-\omega)(x-2\omega)}{2.3\omega^2},\\
t &= y_3 + y_3\frac{x}{\omega} + y_2\frac{x(x-\omega)}{2\omega^2} + \frac{x(x-\omega)(x-2\omega)(x-3\omega)}{2.3.4\omega^3}.
\end{aligned}
\right.
$$

La fonction $F(x, y, z, t)$ devient alors une fonction entière

$$F[x, y_2, y_3, y_4],$$

qui admet, par rapport à x, la période ω. C'est ce que nous allons vérifier.

Le changement de variables donne une expression de la forme

$$
(2) \qquad F[x, y_2, y_3, y_4] = e^{\alpha y_4}\sum_n e^{u\omega + v y_2 + w y_3}
$$

où l'exposant est ordonné par rapport à y_2, y_3, y_4, les quantités u, v, w ayant pour expressions

$$
\begin{aligned}
u = \varphi(n) &+ \frac{x}{\omega}\varphi_1(n) + \frac{x(x-\omega)}{2\omega^2}\varphi_2(n)\\
&+ \frac{x(x-\omega)(x-2\omega)}{2.3\omega^3}\varphi_3(n) + \frac{x(x-\omega)(x-2\omega)(x-3\omega)}{2.3.4\omega^4}\alpha,\\
v = \varphi_2(n) &+ \frac{x}{\omega}\varphi_3(n) + \frac{x(x-\omega)}{2\omega^2}\alpha,\\
w = \varphi_3(n) &+ \frac{x}{\omega}\alpha.
\end{aligned}
$$

En faisant un calcul facilité par la théorie des différences, on voit que les quantités u, v, w qui dépendent de x et de n sont des fonctions de la seule quantité $x + n\omega$, qu'on peut écrire comme il suit

$$
\begin{aligned}
u &= \varphi\left(n + \frac{x}{\omega}\right) = \varphi\left(\frac{x+n\omega}{\omega}\right),\\
v &= \varphi_2\left(n + \frac{x}{\omega}\right) = \varphi_2\left(\frac{x+n\omega}{\omega}\right),\\
w &= \varphi_3\left(n + \frac{x}{\omega}\right) = \varphi_3\left(\frac{x+n\omega}{\omega}\right);
\end{aligned}
$$

l'exposant dans la série (2) est donc une certaine fonction de $x + n\omega$

$$u\omega + v y_2 + w y_3 = \psi\left(\frac{x+n\omega}{\omega}\right)$$

en posant

$$(3)\qquad \psi\left(\frac{x+n\omega}{\omega}\right)=\omega\,\varphi\left(\frac{x+n\omega}{\omega}\right)+y_2\varphi_2\left(\frac{x+n\omega}{\omega}\right)+y_3\varphi_3\left(\frac{x+n\omega}{\omega}\right),$$

et l'on a

$$\mathrm{F}[x, y_2, y_3, y_4]=e^{\alpha y_4}\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} e^{\psi\left(\frac{x+n\omega}{\omega}\right)}.$$

Il est alors évident que la fonction $\mathrm{F}[x, y_2, y_3, y_4]$ admet la période ω par rapport à x, puisque le changement de x en $x+\omega$ donne le même résultat que le changement de n en $n+1$ dans la série. On peut donc écrire

$$(4)\qquad \mathrm{F}[x, y_2, y_3, y_4]=e^{\alpha y_4}\sum_{\nu=-\infty}^{\nu=-\infty} \mathrm{A}_\nu e^{\frac{2\nu\pi x i}{\omega}},$$

A_ν étant une fonction entière de y_2 et y_3. Ce coefficient est donné par la formule classique

$$\omega\mathrm{A}_\nu=\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty}\int_0^\omega e^{-\frac{2\nu\pi x i}{\omega}+\psi\left(\frac{x+n\omega}{\omega}\right)}dx;$$

comme n est entier, on peut, en ajoutant $-2\nu n\pi i$ à l'exposant, écrire

$$\omega\mathrm{A}_\nu=\sum_n\int_0^\omega e^{-2\nu\pi i\frac{x+n\omega}{\omega}+\psi\left(\frac{x+n\omega}{\omega}\right)}dx.$$

Mais alors, en faisant, dans chaque intégrale, le changement de variable

$$\frac{x+n\omega}{\omega}=\xi,$$

on a

$$\mathrm{A}_\nu=\sum_n\int_n^{n+1} e^{-2\nu\pi i\xi+\psi(\xi)}\,d\xi$$

et enfin

$$\mathrm{A}_\nu=\int_{-\infty}^{+\infty} e^{\psi(\xi)-2\nu\pi i\xi}\,d\xi,$$

$$\mathrm{A}_\nu=\int_{-\infty}^{+\infty} e^{\omega\,\varphi(\xi)+y_2\varphi_2(\xi)+y_3\varphi_3(\xi)-2\nu\pi i\xi}\,d\xi,$$

la variable d'intégration étant réelle.

Le coefficient A_ν, fonction entière de y_2 et y_3, est ainsi exprimé par une intégrale définie, dans laquelle l'exposant de e est un polynome du quatrième degré par rapport à la variable d'intégration.

Le coefficient A_ν étant calculé, on a la nouvelle forme de la fonction Θ:

$$e^{\alpha z}\Theta\begin{pmatrix}\omega, x, y, z\\ \alpha, \beta, \gamma, \delta\end{pmatrix} = e^{\alpha y_1} \sum_{\nu=-\infty}^{\nu=+\infty} A_\nu e^{\frac{2\nu\pi x i}{\omega}},$$

ce qui, en vertu de la relation (1), réalise la transformation cherchée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'hétérogénéité des aciers.* Note de MM. **Henry Le Chatelier** et **Jules Lemoine.**

Certains aciers communs : rails, fers de construction, etc., montrent souvent, à l'examen métallographique, une répartition anormale de la perlite; c'est-à-dire des parties riches en carbone. Cette perlite est groupée en lignes parallèles, séparées par des espaces ne se colorant pas aux réactifs, parce qu'ils sont exempts de carbone. Cette structure striée est attribuée généralement au phosphore. Le métal serait composé de bandes parallèles, inégalement riches en phosphore, et le carbone se concentrerait dans les parties les moins phosphoreuses. Le parallélisme de ces bandes est la conséquence du laminage qui allonge dans le même sens les régions voisines, de dimensions différentes et de forme quelconque, juxtaposées dans le lingot primitif préparé par fusion.

L'inégale répartition du carbone est un exemple de la loi générale de partage d'un corps entre deux dissolvants. Le carbone est beaucoup moins soluble à chaud dans le fer phosphoreux que dans le fer pur, comme l'iode est moins soluble dans l'eau que dans le sulfure de carbone. Aux concentrations inférieures à la saturation, le partage se fait sensiblement dans le rapport des solubilités.

Ce caractère de la localisation du phosphore est indirect et par suite incertain; il manque en outre de sensibilité. Il ne donne plus d'indications nettes, c'est-à-dire que la répartition de la perlite devient normale, quand la teneur en phosphore est peu différente d'une région à l'autre, ce qui est le cas des aciers à faible teneur en phosphore, c'est-à-dire de tous les aciers de bonne qualité. Aussi a-t-on cherché depuis longtemps des réactifs permettant de caractériser directement le phosphore et d'étudier plus facilement sa répartition.

Parmi ces réactifs, le plus satisfaisant paraît être celui que M. Stead a fait connaître au dernier meeting de l'Iron and Steel Institute (mai 1915). En étudiant cependant l'emploi de ce réactif, il nous a semblé possible

d'en améliorer encore la composition et d'en augmenter la sensibilité. Le liquide indiqué par M. Stead est une solution dans l'alcool méthylique aqueux d'un mélange de chlorure cuivrique et de chlorure de magnésium. La proportion d'eau employée n'avait pas été précisée et c'est de son dosage exact que dépend toute la sensibilité du réactif. Voici la formule qui nous a semblé la plus convenable pour l'attaque, à la température de 20°, des aciers contenant de 0,5 à 1,0 pour 100 de manganèse et environ 0,2 pour 100 de silicium :

Alcool méthylique rectifié pur	100^{cm^3}
Eau	18^{cm^3}
Acide chlorhydrique concentré	2^{cm^3}
Chlorure cuivrique cristallisé	1^{g}
Chlorure de magnésium cristallisé	4^{g}

Pour employer ce réactif, on en verse, suivant les indications de M. Stead, quelques gouttes sur la surface polie de l'échantillon et l'on attend que les bandes, qui apparaissent bientôt visibles à l'œil nu, présentent le maximum d'opposition; cela demande généralement à peu près une minute. Le cuivre, ou un composé du cuivre formant les bandes sombres, se dépose sur les régions les moins riches en phosphore.

On peut accroître l'opposition des teintes et, par suite, la visibilité des différentes bandes, en faisant intervenir une action électrolytique. On immerge complètement l'échantillon dans le réactif et on le réunit au pôle positif d'un accumulateur, tandis qu'un fil de cuivre, relié à l'autre pôle, plonge dans le liquide et sert de cathode. La distance des deux électrodes étant de 20^{mm}, l'intensité du courant ne dépasse pas 50 milliampères; le liquide alcoolique est en effet très peu conducteur. Avec ce dispositif, on arrive à éviter tout dépôt de cuivre sur les régions les plus phosphoreuses et par suite à augmenter l'opposition entre les zones inégalement attaquées.

Le mode de fonctionnement de ce réactif est assez complexe : le chlorure cuivrique exerce une double action. Comme tous les sels de cuivre, il tend à déposer du cuivre sur le fer, mais en même temps, en raison de sa facile transformation en sel cuivreux, il tend au contraire à redissoudre le cuivre déjà déposé, comme le ferait le chlorure ferrique. Si l'on opère avec la solution alcoolique de chlorure cuivreux, qu'on obtient facilement en ajoutant au réactif de la tournure de cuivre en excès et en attendant la décoloration du liquide, presque toujours le cuivre se dépose instantanément sur toute l'étendue de la surface préparée et l'on n'observe aucune différence de coloration d'un point à l'autre.

L'action du réactif dépend surtout des proportions relatives d'eau et d'alcool. Avec trop peu d'eau, 10 pour 100 par exemple, on arrive bien difficilement à observer les bandes, même après une attaque prolongée; il ne se dépose pas de cuivre. Avec un excès d'eau, 25 pour 100 par exemple, le dépôt du cuivre est au contraire trop rapide et se fait uniformément sur toute la surface, sans donner non plus de différences bien nettes d'une région à l'autre, tout au moins dans les aciers peu phosphoreux. Quand la proportion de phosphore est assez considérable pour provoquer l'orientation de la perlite, on obtient cependant des zones inégalement cuivrées pour des compositions assez différentes du réactif. Avec la composition normale donnée plus haut, on obtient encore les bandes, même quand la perlite est uniformément répartie dans la masse.

Voici quelques résultats obtenus avec une tôle phosphoreuse qui nous a été remise par M. Stead. D'après les analyses faites par les soins du Bureau d'essai de l'École des Mines, elle présente la composition suivante :

Manganèse..................	0,50
Phosphore..................	0,16

C'est une tôle très douce, renfermant par suite peu de perlite. L'attaque

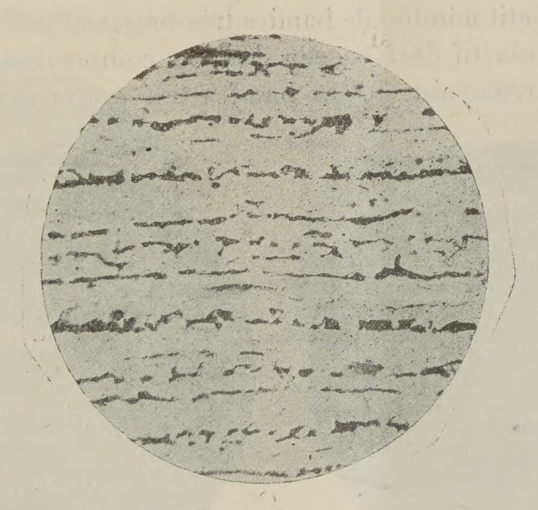


Fig. 1. — Tôle douce de M. Stead attaquée à l'acide picrique. Grossissement linéaire = 150.

à l'acide picrique montre l'alignement très net de cette perlite en bandes parallèles (*fig.* 1).

Attaquée par M. Stead avec son réactif, elle présentait un certain nombre de bandes plus ou moins nettes, et assez irrégulièrement réparties

sur la surface de l'échantillon (*fig.* 2). En répétant l'attaque avec un réactif analogue à celui de M. Stead, c'est-à-dire avec une teneur en eau

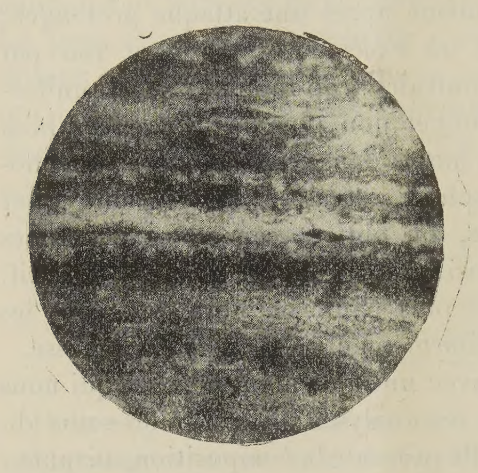


Fig. 2. — Attaque de M. Stead. Gr. = 70.

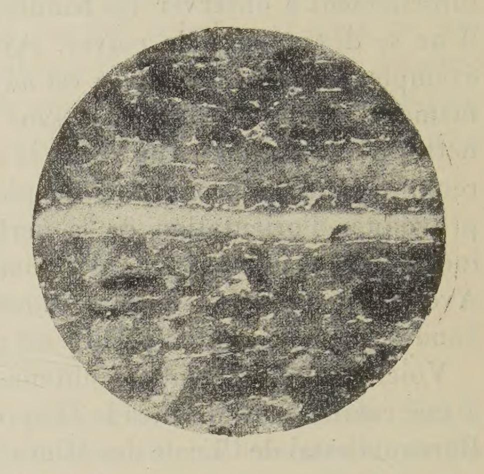


Fig. 3. — Attaque montrant une bande blanche très nette. Gr. = 110.

indéterminée, nous avons obtenu, après de nombreux tâtonnements infructueux, un petit nombre de bandes très nettes (*fig.* 3).

Enfin avec le réactif dosé en eau dont la composition a été indiquée plus haut, nous avons obtenu des bandes très nettes sur toute la surface

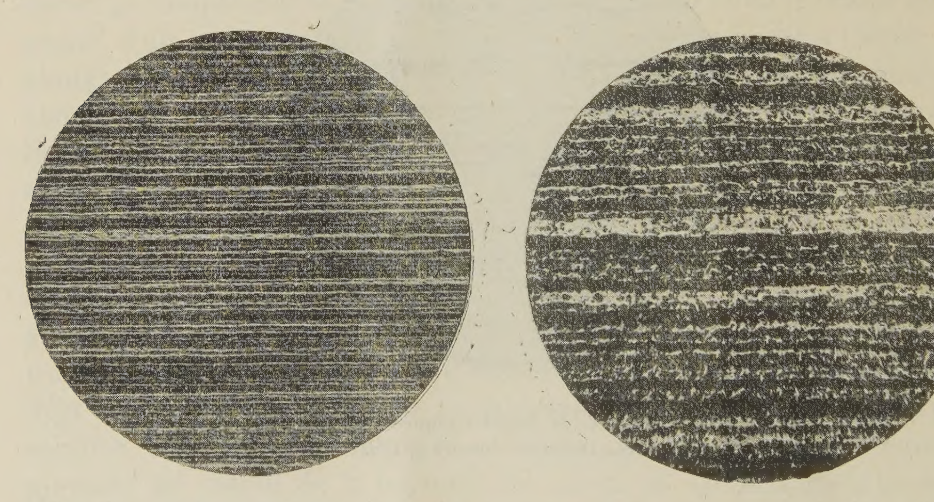


Fig. 4. — Attaque au cuivre. Gr. = 10.

Fig. 5. — Attaque au cuivre. Gr. = 70.

de l'échantillon (*fig.* 4 et 5). On voit que l'écartement de ces bandes en vraie grandeur est voisin de $0^{mm},1$.

Les mêmes phénomènes s'observent dans les aciers de nuance plus dure. Par exemple, un acier à rail, montrant dans l'attaque à l'acide picrique

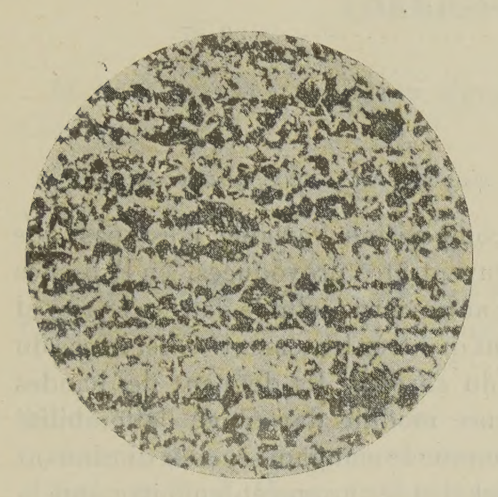
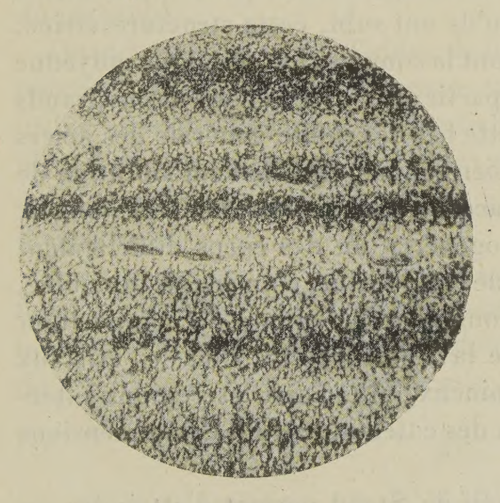


Fig. 6. — Acier à rail. Attaque à l'acide picrique. Gr. = 150.

Fig. 7. — Acier à rail. Attaque au cuivre. Gr. = 10.

une perlite orientée, donne avec le réactif cuivrique normal les mêmes bandes que la tôle douce (*fig.* 6 et 7).





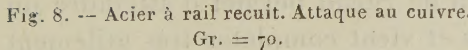


Fig. 8. — Acier à rail recuit. Attaque au cuivre. Gr. = 70.

Fig. 9. — Acier à rail trempé. Attaque au cuivre. Gr. = 70.

La trempe ne modifie pas la position de ces bandes, mais rend seulement leur structure intérieure plus homogène (*fig.* 8 et 9).

La composition de cet acier, d'après les analyses du Bureau d'essai de l'École des Mines, était la suivante :

Carbone	0,37
Manganèse	1,06
Silicium	0,17
Phosphore	0,14
Soufre	0,04

La formation de ces bandes de composition variable n'est pas due exclusivement au phosphore; elles peuvent être provoquées, en l'absence du phosphore, par la présence de tout autre corps soluble dans la ferrite et incapable de se diffuser, ou ne le faisant que très lentement. C'est le cas du silicium, du manganèse, du nickel et du chrome. Ils donnent des bandes d'autant plus accusées que leur présence modifie davantage l'altérabilité de la ferrite au réactif, l'augmentant comme le manganèse, ou la diminuant comme le phosphore, le silicium, le nickel et le chrome et, en outre, que la ségrégation de l'élément en question a été plus considérable au moment de la solidification, ou accidentellement exagérée par un défaut de mélange dans la poche de coulée.

En fait, presque tous les aciers, même ceux de bonne qualité, présentent à des degrés divers, après le travail qu'ils ont subi, cette structure striée. Les différences de qualité des aciers, dont la composition chimique moyenne est semblable, doivent tenir en grande partie aux écarts plus ou moins grands de composition des zones voisines. Cette hétérogénéité générale des aciers donne l'explication de quelques faits bien connus, comme l'amélioration de qualité obtenue par un corroyage très accentué ou par des recuits prolongés, toutes conditions qui facilitent l'homogénéisation des corps difficilement diffusables, ou encore par le choix d'une température convenable de coulée, qui réduit au minimum les dimensions de ces régions de composition différentes juxtaposées au moment de la solidification. Plus les cristaux de première consolidation sont volumineux, plus aussi les régions intermédiaires, où s'achève la solidification des eutectiques, ont des dimensions considérables,

Il semble donc que l'emploi du réactif de Stead permet d'atteindre un nouveau facteur de la qualité des aciers et vient compléter très utilement les renseignements déjà fournis par l'analyse chimique et l'examen micrographique ordinaire.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Ministère des Colonies. *Documents scientifiques de la mission Tilho* (1906-1909). Tome III.

M. **Henry Hubert** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

BALISTIQUE. — *Sur un système de formules différentielles concernant les éléments de tir d'un projectile soumis à une résistance quadratique de l'air.* Note de M. **J. Haag**, présentée par M. P. Appell.

Un problème courant de la Balistique extérieure est celui qui consiste à calculer les petites variations subies par les éléments d'une trajectoire, quand on fait varier très peu les conditions initiales et les caractéristiques du projectile.

Quand on possède des Tables de tir, on procède généralement par interpolation, en partant des différences tabulaires. Dans le tir de plein fouet, on utilise aussi des formules différentielles, qui résolvent directement le problème. Je me propose d'établir ici des formules analogues, applicables à des trajectoires quelconques et, en particulier, aux trajectoires de bombes d'aéroplanes.

Soit un projectile, de masse m, soumis, de la part de l'air, à une résistance égale à $\mathrm{K}v^2$. Si l'on prend, dans le plan de la trajectoire, un axe des x horizontal et un axe des y vertical et dirigé vers le bas, les équations finies du mouvement sont, comme on sait,

$$v^2 = \frac{\mathrm{A}}{[\xi(\alpha)+\mathrm{B}]\cos^2\alpha}, \tag{1}$$

$$x = \frac{1}{g}\int_{\alpha_0}^{\alpha} v^2\,d\alpha, \tag{2}$$

$$y = \frac{1}{g}\int_{\alpha_0}^{\alpha} v^2 \operatorname{tang}\alpha\,d\alpha, \tag{3}$$

$$t = \frac{1}{g}\int_{\alpha_0}^{\alpha} \frac{v\,d\alpha}{\cos\alpha}, \tag{4}$$

où α désigne l'angle de Ox avec le vecteur vitesse et où l'on a posé

$$\xi(\alpha) = \int_{\alpha_0}^{\alpha} \frac{d\alpha}{\cos^3\alpha}, \tag{5}$$

$$A = \frac{mg}{2K}, \qquad B = \frac{A}{v_0^2 \cos^2\alpha_0} - \xi(\alpha_0). \tag{6}$$

Imaginons maintenant qu'on fasse subir de petites variations dm, dK, dv_0, $d\alpha_0$ aux quantités m, K, v_0, α_0 et proposons-nous de calculer la petite variation qui en résulte pour la portée, en entendant par là l'abscisse du point où le projectile perce un plan horizontal déterminé, d'ordonnée constante y.

Cette abscisse est donnée par la formule (2), où l'on doit remplacer α par la valeur qu'on tire de (3), en considérant y comme connu et constant. Dès lors, nous avons, en différentiant,

$$g\,dx = v^2\,d\alpha - v_0^2\,d\alpha_0 + \left[\int_{\alpha_0}^{\alpha} \frac{\partial(v^2)}{\partial A}\,d\alpha\right] dA + \left[\int_{\alpha_0}^{\alpha} \frac{\partial(v^2)}{\partial B}\right] dB, \tag{7}$$

$$\begin{aligned} & v^2 \operatorname{tang}\alpha\,d\alpha - v_0^2 \operatorname{tang}\alpha_0\,d\alpha_0 \\ & \quad + \left[\int_{\alpha_0}^{\alpha} \frac{\partial(v^2)}{\partial A} \operatorname{tang}\alpha\,d\alpha\right] dA + \left[\int_{\alpha_0}^{\alpha} \frac{\partial(v^2)}{\partial B} \operatorname{tang}\alpha\,d\alpha\right] dB = 0. \end{aligned} \tag{8}$$

Éliminons $d\alpha$; il vient

$$\begin{aligned} g\,dx = {} & \frac{v_0^2 \sin(\alpha_0 - \alpha)}{\sin\alpha\cos\alpha_0}\,d\alpha_0 + \left[\int_{\alpha_0}^{\alpha} \frac{\partial(v^2)}{\partial A}\,d\alpha - \cot\alpha \int_{\alpha_0}^{\alpha} \frac{\partial(v^2)}{\partial A} \operatorname{tang}\alpha\,d\alpha\right] dA \\ & + \left[\int_{\alpha_0}^{\alpha} \frac{\partial(v^2)}{\partial B}\,d\alpha - \cot\alpha \int_{\alpha_0}^{\alpha} \frac{\partial(v^2)}{\partial B} \operatorname{tang}\alpha\,d\alpha\right] dB = 0. \end{aligned} \tag{9}$$

Or on a, d'après (1),

$$\frac{\partial(v^2)}{\partial A} = \frac{v^2}{A}, \qquad \frac{\partial(v^2)}{\partial B} = -\frac{A}{[\xi(\alpha) + B]^2 \cos^2\alpha}.$$

Donc

$$\int_{\alpha_0}^{\alpha} \frac{\partial(v^2)}{\partial A}\,dx = \frac{gx}{A}, \qquad \int_{\alpha_0}^{\alpha} \frac{\partial(v^2)}{\partial A} \operatorname{tang}\alpha\,d\alpha = \frac{gy}{A}. \tag{10}$$

Si l'on pose ensuite

$$X = \int_{\alpha_0}^{\alpha} -\frac{d\alpha}{[\xi(\alpha) + B]^2 \cos^2\alpha}, \qquad Y = \int_{\alpha_0}^{\alpha} -\frac{\sin\alpha\,d\alpha}{[\xi(\alpha) + B]^2 \cos^3\alpha}, \tag{11}$$

on a

$$(12) \qquad \int_{\alpha_0}^{\alpha} \frac{\partial(v^2)}{\partial B}\, d\alpha = AX, \qquad \int_{\alpha_0}^{\alpha} \frac{\partial(v^2)}{\partial B} \operatorname{tang}\alpha\, d\alpha = AY.$$

Or, si l'on fait varier α, les équations (11) représentent une courbe (Γ), dont la tangente fait l'angle α avec Ox et dont l'arc est

$$(13) \qquad \sigma = \int - \frac{d\alpha}{[\xi(\alpha) + B]^2 \cos^3\alpha} = \int - \frac{d\xi}{(\xi + B)^2} = \frac{1}{\xi + B}.$$

Cette courbe peut se construire aisément, comme la trajectoire, par la méthode d'Otto [1]. Une fois construite, elle donne les valeurs de X et de Y qui correspondent à toute valeur de α.

La formule (9) peut maintenant s'écrire

$$(14) \qquad g\,dx = \frac{v_0^2 \sin(\alpha_0 - \alpha)}{\sin\alpha \cos\alpha_0}\, d\alpha_0 + g\frac{dA}{A}(x - y\cot\alpha) + A(X - Y\cot\alpha)\, dB.$$

Si l'on remplace dA et dB par leurs valeurs en fonction de dm, dK, dv_0, $d\alpha_0$, on voit que le problème que nous nous sommes posé est résolu.

On pourrait, par la même méthode, calculer les variations subies par l'angle de chute, la vitesse restante, la durée du trajet. Pour cette dernière quantité toutefois, il faut introduire deux nouvelles courbes, d'arcs $\sqrt{\xi + B}$ et $\frac{1}{\sqrt{\xi + B}}$.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Calcul d'une poutre bandée.* Note [2] de M. Charles Rabut, transmise par M. A. Blondel.

Parmi les progrès récents de l'art de construire, les plus remarquables par leur principe ont consisté à assurer mécaniquement, en exécution, dans chaque organe d'un ouvrage, la réalisation de l'effort exact, déterminé d'avance, qu'il doit supporter. Dans cet ordre d'idées, j'ai appliqué systématiquement aux ponts, aux combles, etc., le mode de consolidation, d'ailleurs remarquablement économique, qui consiste à raidir les pièces fléchies

---

[1] Observons, à ce propos, qu'il nous paraît inutile de calculer logarithmiquement les valeurs successives de x et de y (ou de X et de Y). Il suffit de calculer les valeurs de s (ou de σ) et d'employer un double-décimètre, avec un bon rapporteur.

[2] Séance du 20 septembre 1915.

au moyen de tirants *à tension réglable*. Pour faire rendre à ce dispositif tout le profit qu'il comporte, il faut donner aux tirants, lors de leur pose, une assez forte tension initiale, imposant une contre-flèche à la pièce en vue de réduire sa fatigue ultérieure sous les surcharges : je détermine cette tension de façon que la fatigue ne dépasse les limites assignées d'avance, ni dans la poutre au moment du réglage, ni dans la poutre (sur la face opposée) et les tirants, sous l'action des surcharges prévues. En exécution, la méthode dite d'*auscultation* permet d'opérer le réglage en satisfaisant à cette condition avec une précision que le calcul ne peut garantir; mais pour élaborer des projets, il faut calculer d'avance les conditions de résistance et de déformation : je me suis proposé d'établir des formules résolvant ce problème nouveau posé par le progrès de la construction.

Une poutre droite de section constante (cas des ponts militaires démontables) ou variable, mais généralement comprise entre deux limites assez rapprochées (cas de la majorité des ouvrages permanents), est bandée par des tirants attachés en deux points qui ne sont pas nécessairement dans les sections extrêmes ni sur l'axe neutre, mais symétriques par rapport au plan de la section médiane; ces tirants sont coudés sur l'extrémité libre d'un poinçon perpendiculaire à l'axe de la poutre en son milieu. Soient :

L, l, λ les longueurs de la poutre entre appuis, de la partie bandée et des tirants;
H, h les contre-bas du coude et des abouts des tirants par rapport à l'axe neutre;
v_0, v_1 les distances de l'axe neutre aux faces inférieure et supérieure de la poutre;
S, $\mathbf{S}$, s, σ la section moyenne de la poutre, sa section la plus affaiblie près du milieu, la section moyenne du poinçon, la section des tirants;
I, $\mathbf{I}$ le moment d'inertie moyen de la poutre et son moment le plus affaibli près du milieu — ces valeurs moyennes et minima devant être évaluées non seulement en déduisant les trous de rivets ou boulons, mais aussi (*ce qu'on a tort de ne pas faire dans les calculs usuels*) en tenant compte des couvre-joints;
E, ε les modules d'élasticité de la poutre (ainsi que du poinçon) et des tirants;
p, p' les poids par mètre courant de la charge permanente et de la surcharge;
r, R la fatigue des tirants et celle de la poutre vers son milieu; ces lettres seront affectées de l'indice 0 ou 1 selon que la surcharge est nulle ou maxima.

A la flexion simple due au moment des charges et des réactions du poinçon et des tirants, se superpose une compression uniforme due à la composante longitudinale de la réaction des tirants : en général, la fatigue maxima est une compression; R_0 se produit sur la face inférieure, R_1 sur la face supérieure.

r_1, R_0, R_1 dépendent de r_0. Il existe entre ces quatre efforts trois relations qui s'obtiennent comme il suit.

On établit une première équation en exprimant que les déformations produites dans la poutre, le poinçon et les tirants par l'intervention de la surchage sont *compatibles*, c'est-à-dire que, dans leur variation, les longueurs l, λ, H restent assujetties à la relation géométrique

$$\lambda^2 - l^2 = 4(H-h)^2.$$

La deuxième et la troisième équation s'établissent en évaluant les efforts dus à la flexion composée de la poutre sous la charge permanente (seule ou avec surcharge) et du serrage préalable des tirants.

Ces trois équations peuvent s'écrire

$$r_1 = r_0 + Ap',$$
$$R_0 = B_0 r_0 + C_0,$$
$$R_1 = B_1 r_1 + C_1,$$

A, B_0, C_0, B_1, C_1 étant les fonctions suivantes des données :

$$A = \frac{l^2\lambda}{32}\,\frac{(6L^2 - l^2)H - (18L^2 - 5l^2)h}{l^3(H^2 - 2Hh - 2h^2)\sigma + 3I\left(\frac{E}{\varepsilon}\lambda^2 - \frac{\sigma}{S}l^3\right) + 48Il(H-h)^2\frac{\sigma}{s}};$$

$$B_0 = \frac{l\sigma}{\lambda}\left(\frac{1}{\mathbf{S}} + \frac{Hv_0}{\mathbf{I}}\right); \qquad B_1 = \frac{l\sigma}{\lambda}\left(\frac{1}{\mathbf{S}} - \frac{Hv_1}{\mathbf{I}}\right);$$

$$C_0 = -\frac{pL^2v_0}{8\mathbf{I}}; \qquad C_1 = \frac{(p+p')L^2v_2}{8\mathbf{I}}.$$

Ces formules suffisent pour calculer la consolidation d'un ouvrage existant ou le projet d'un ouvrage mixte entièrement neuf. Elles se complètent par les suivantes qui expriment la flèche médiane et la rotation sur appuis sous l'action de la surcharge :

$$f = \frac{p'}{24EI}\left[\frac{5L^2}{16} - Al^2\,\frac{(3L-l)H - (3L-2l)h}{\lambda}\sigma\right],$$

$$\theta = \frac{p'}{4EI}\left[\frac{L^3}{6} - Al^2\,\frac{H+h}{\lambda}\sigma\right].$$

Ces dernières formules permettent de contrôler les calculs du projet par l' « auscultation ». Dans le cas d'une poutre à section variable, elles peuvent servir, après exécution, à déterminer par l'auscultation la valeur exacte du moment d'inertie moyen.

Quand on projette de consolider un ouvrage existant, les valeurs de I et de **I** doivent être déterminées par l'auscultation de l'ouvrage primitif pour servir à l'établissement des calculs du projet; on élimine ainsi les erreurs

d'appréciation possibles sur ces valeurs, surtout dans le cas d'une section variable.

PHYSIQUE. — *Sur les lois de l'écoulement des liquides par gouttes.* Note [1] de M. **P. Vaillant**, transmise par M. J. Violle.

Je rappelle les lois du phénomène que j'ai indiquées dans de précédentes Notes [2].

Lorsqu'un liquide s'écoule en gouttes par l'orifice d'un tube cylindrique, le poids des gouttes varie avec la fréquence de chute en passant par un maximum. Le poids correspondant à une fréquence donnée est indépendant de la pression qui détermine l'écoulement et ne dépend que du liquide, des dimensions de l'orifice et de la température.

Pour un liquide donné : 1° le produit Td de l'intervalle de chute T correspondant au maximum par le diamètre intérieur d du tube est un nombre constant A ou le double de ce nombre; 2° le quotient $\frac{\delta}{d}$ de l'augmentation du poids δ de la goutte de l'origine (fréquence nulle) au maximum par le diamètre intérieur d est un nombre constant B ou le double de ce nombre; 3° enfin, le quotient $\frac{p_\infty}{D}$ du poids origine p_∞ par le diamètre extérieur D du tube est un nombre sensiblement constant.

Ces lois se déduisent d'une loi plus générale qui est la suivante :

Le poids p des gouttes est une fonction parabolique de la fréquence de chute N *de la forme*

$$p = \alpha D + m\beta N - n\gamma \frac{N^2}{d}, \tag{1}$$

m et n étant deux entiers qui peuvent prendre, m les valeurs 1 *ou* 2, *n les valeurs* 1, 2 *ou* 4 [3]; *β et γ étant d'autre part deux constantes indépendantes*

---

[1] Séance du 20 septembre 1915.

[2] *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 93, et t. 160, 1915, p. 596. Les variations de poids des gouttes tombantes ont déjà fait l'objet de nombreux travaux dont quelques-uns très étendus (Rosset, Forch, Lenard, Frankenheim, Ph.-A. Guye et Perrot, Hannay, Payne, etc.). En particulier, l'existence du maximum est connue depuis longtemps. Mais le phénomène a surtout été étudié dans ses relations avec la pression d'écoulement, la forme du tube et la forme des gouttes elles-mêmes. On n'a pas encore mis en évidence que je sache le rôle très important et presque exclusif de la fréquence de chute.

[3] J'ai cru observer un cas de $n = 8$ sur un tube à très large ouverture (plus de 5^{mm}). Mais les résultats m'ont paru trop irréguliers pour être retenus.

du tube et caractéristiques du liquide, α un coefficient également caractéristique du liquide, mais qui augmente légèrement lorsque D *diminue* [1].

Pour l'eau, qui est le seul liquide que j'ai étudié, on a, au voisinage de 20°,

$$\beta = 4,20,$$
$$\gamma = 0,0157,$$

N représentant le nombre de gouttes en 100 secondes et p le poids d'une goutte en cent-millièmes de gramme. Quant à α, lorsque D varie entre 2^{mm} et 7^{mm}, il oscille entre 1600 et 1400 environ.

J'ai vérifié la loi qui précède sur 10 tubes différents, à des températures comprises entre 18° et 22°. Je n'ai d'ailleurs pas tenu compte de l'influence de la température : elle est restée certainement en dessous des erreurs d'expérience. L'appareil employé est celui que j'ai précédemment décrit.

Le Tableau suivant est extrait d'un Tableau plus complet où se trouvent rassemblés les résultats obtenus. Les diamètres d et D sont exprimés en millimètres.

Tube 1.

$d = 0,560$; D $= 2,32$; $\alpha = 1620$; $m = 1$; $n = 1$.

N =	35,0.	62,1.	74,6.	104,2.	116,8.	117,9.	122,5.
$p_{calc.}$ ..	3873	3913	3915	3895	3869	3865	3854
p_{mes} ..	3877	3913	3917	3894	3868	3865	3854

Tube 2.

$d = 0,312$; D $= 3,10$; $\alpha = 1560$; $m = 1$; $n = 1$.

N =	10,2.	25,3.	51,0.	97,6.	135,9.	173,0.	198,0.
$p_{calc.}$ ..	4860	4898	4908	4754	4464	4036	3682
$p_{mes.}$ ..	4862	4900	4902	4760	4448	4066	3666

Tube 3.

$d = 0,738$; D $= 3,16$; $\alpha = 1570$; $m = 1$; $n = 1$.

N =	22,0.	49,1.	86,2.	107,2.	148,8.	161,3.	183,2.
$p_{calc.}$ ..	5044	5118	5168	5170	5116	5086	5018
$p_{mes.}$ ..	5044	5118	5170	5170	5118	5082	5016

Tube 4.

$d = 0,703$; D $= 3,20$; $\alpha = 1560$; $m = 1$; $n = 1$.

N =	38,8.	74,1.	95,8.	119,0.	133,7.	150,6.	159,2.
$p_{calc.}$ ..	5126	5185	5194	5181	5160	5124	5100
$p_{mes.}$ ..	5122	5184	5193	5182	5160	5124	5104

[1] Cette augmentation de α avec D avait déjà été signalée, en particulier par M. Leduc.

Tube 5.

$d = 1,297$; $D = 3,435$; $\alpha = 1580$; $m = 1$; $n = 1$.

N =	74,6.	126,3.	156,3.	210,1.	235,8.	285,7.	378,8.
$p_{calc.}$ . .	5662	5752	5776	5764	5734	5628	5268
$p_{mes.}$ . .	5664	5744	5780	5768	5740	5620	5286

Tube 6.

$d = 0,885$; $D = 3,83$; $\alpha = 1570$; $m = 1$; $n = 1$.

N =	15,7.	58,8.	105,4.	122,0.	153,9.	170,4.	203,7.
$p_{calc.}$ . .	6066	6184	6252	6250	6228	6200	6120
$p_{mes.}$ . .	6072	6187	6247	6249	6227	6202	6121

Tube 7.

$d = 0,428$; $D = 5,38$; $\alpha = 1415$; $m = 2$; $n = 4$.

N =	17,0.	36,2.	57,5.	65,8.	74,1.	86,2.	92,6.
$p_{calc.}$ . .	7370	7382	7266	7186	7086	6902	6788
$p_{mes.}$ . .	7362	7382	7266	7190	7102	6912	6782

Tube 8.

$d = 0,510$; $D = 6,225$; $\alpha = 1420$; $m = 2$; $n = 4$.

N =	9,4.	30,2.	56,2.	69,9.	80,0.	85,5.	116,8.
$p_{calc.}$ . .	8864	8930	8872	8776	8678	8606	8094
$p_{mes.}$ . .	8856	8932	8868	8764	8662	8606	8100

Tube 9.

$d = 2,165$; $D = 6,76$; $\alpha = 1430$; $m = 2$; $n = 2$.

N =	16,5.	35,2.	52,1.	67,6.	89,1.	138,5.	188,0.
$p_{calc.}$ . .	9810	9956	10074	10178	10308	10562	10744
$p_{mes.}$ . .	9810	9956	10074	10176	10306	10564	10734

Tube 10.

$d = 2,418$; $D = 7,00$; $\alpha = 1425$; $m = 2$; $n = 2$.

N =	9,3.	29,8.	37,3.	50,0.	66,7.	94,3.	127,5.
$p_{calc.}$ . .	9978	10140	10198	10294	10404	10578	10780
$p_{mes.}$ . .	9978	10148	10188	10294	10406	10566	10790

De l'examen de ce Tableau il semble qu'on puisse conclure que les entiers m et n sont déterminés par le diamètre extérieur D. Pour D inférieur à 5^{mm} environ, on aurait $m = 1$ avec $n = 1$; pour D plus grand, $m = 2$ avec $n = 4$ si le diamètre intérieur d est petit, $n = 2$ s'il est supérieur au millimètre. Ces conclusions sont d'ailleurs en accord avec les résultats mentionnés dans ma précédente Note et obtenus sur 15 tubes différents des

précédents. Il semble en outre que le coefficient α, au lieu de varier d'une façon continue avec D, ait seulement deux valeurs distinctes : l'une, voisine de 1570 dans le cas $m = 1$; l'autre, voisine de 1420 dans le cas $m = 2$.

Je n'ai pas poussé la vérification sur des tubes plus larges. A mesure que les gouttes deviennent plus grosses en effet, elles tendent de plus en plus à entrer en vibration par le fait du détachement de la goutte précédente et les résultats deviennent de plus en plus irréguliers.

GÉOLOGIE. — *Sur le Permien des Pyrénées occidentales.* Note [1] de M. P.-W. Stuart-Menteath.

Sur les cartes récentes le Permien a été souvent confondu avec le Trias, ce qui dénature ses relations stratigraphiques. Il se compose de plus de 150^{m} d'argilite micacée d'un rouge intense avec deux bancs de conglomérat quartzeux à géodes de quartz et de baryte, et il est surmonté par 15^{m} d'un poudingue représentant partout la base du Trias.

Il repose toujours sur le terrain houiller auquel il passe insensiblement d'après Leymerie et Mallada. Mes recherches personnelles, les nombreux puits et galeries que j'ai fait exécuter dans le massif d'Arrieta et mes recherches de houille au Somport m'ont conduit aux mêmes conclusions. A Banca le Permien ne repose pas en discordance sur le Houiller comme je l'avais indiqué d'abord, mais sur les têtes érodées des griottes du Dévonien fossilifère.

Cette concordance du Permien sur le Houiller est très importante au point de vue des recherches de houille, et il semble dès maintenant que ce dernier terrain est plus développé dans les Pyrénées qu'on ne le supposait. Ainsi le fond de la vallée d'Izas, figuré en plein Dévonien, est constitué en réalité par des ampélites pétries de calamites, prolongement du Houiller déjà exploité à 5^{km} au Nord-Est.

La concordance au Somport se continue à l'Ouest par Arive et Eugni, où j'ai signalé les plantes du Carbonifère, et sur le versant français où je l'ai indiqué depuis longtemps avec répétition de la flore presque permienne de La Rhune, au sud-est de Saint-Just.

La classification en Permo-Trias, possible dans l'intérieur de la chaîne, peut induire en erreur sur les lisières, où l'on pourrait plutôt parler de

---

[1] Séance du 17 août 1915.

Permo-Carbonifère, en y cherchant les gisements possibles de la houille.

A La Rhune comme au Somport, le Permien est largement composé de nappes, injections et tufs mélaphyriques, qu'on peut distinguer des ophites au microscope; mais les spilites de la Rhune ont transformé la base du Trias en quartzite pyromaque et ailleurs les éruptions ont continué sur les mêmes emplacements jusqu'au Crétacé.

On a également confondu avec les conglomérats permiens des conglomérats crétacés qui passent à leur partie supérieure à des calcaires bien caractérisés par leurs fossiles; il est dès lors naturel que ces conglomérats reposent en discordance sur les terrains anciens; c'est le cas pour les conglomérats des Pyrénées de Mauléon. De même dans le Trias indiqué comme typique à Aincille au nord d'Estérençuby, un calcaire spécifié comme Muschelkalk m'a fourni des fossiles cénomaniens; ce calcaire traverse les Pyrénées et enveloppe le massif de Valcarlos. Les massifs de Somport et d'Arive étant pareillement couronnés par le Crétacé, tous les trois sont également en place.

Quand les brouillards se dispersent, on voit au sud du Somport un gigantesque front de couches du Crétacé qui plongent au Sud, mais sont localement renversées dans cette même direction; et le massif de Valcarlos présente des renversements locaux analogues. A l'ouest du Somport, les pics Anatera présentent des tourelles de Crétacé qui couronnent des piédestaux de Permien, et l'on doit négliger quelques accidents locaux en constatant sur 12^{km}, du Sud au Nord, la concordance du Permien sur le Carbonifère jusqu'au fond des vallées d'Ossau et d'Aspe. A l'ouest du Somport les éruptions mélaphyriques continuent, en montrant leurs racines dans le Carbonifère et le Dévonien, et avec quelques gisements de cuivre, qui, dans le massif d'Arive, remplacent les roches intrusives. Quant aux racines des ophites, on voit un excellent exemple dans la mine de fer d'Aincille, qui est une fissure verticale, traversant le calcaire du Secondaire et remplie d'ophite lherzolitique et brèches, qui s'épanchent largement sur la surface ondulée du calcaire. Quant à l'âge du calcaire, il paraît certain qu'il surgit de nouveau à Estérençuby, comme Cénomanien fossilifère, après avoir plongé nettement dessous le conglomérat crétacé confondu avec le Permien. Ce conglomérat suit à l'Ouest jusqu'à Baigarry, où il monte sur les pentes du massif de Valcarlos, étant décrit comme « pépérite d'ophite ».

L'absence du Permien, constatée sur plus de 10^{km} des bords des massifs de Valcarlos et de Somport, correspond à la vaste avancée du Crétacé,

que la carte présente au nord de l'affleurement paléozoïque d'Arive-Arrieta. Ce n'est pas un charriage du Permien, qui se serait arrêté comme conglomérat des montagnes de Mauléon, car ce conglomérat continue au nord des deux massifs en question. Il ne s'agit pas d'un étirement du Permien, car les couches du Paléozoïque sont nettement en travers de celles du Crétacé, et leur contact est par un conglomérat côtier, et nullement une brèche de friction. La discordance des couches exclut la possibilité d'une bordure de Permien, à moins que cette formation soit arbitrairement classée dans le Secondaire, pour les besoins d'une hypothèse préconçue. Les allures du Permien composent un détail de l'observation d'une chaîne typique et accessible, et doivent plutôt éclairer que subir la tectonique de régions plus compliquées et plus obscures.

GÉOLOGIE. — *Les lignites pliocènes de Bidart (Basses-Pyrénées).* Note de M. **Jules Welsch**.

Le littoral des Basses-Pyrénées, entre Biarritz et Saint-Jean-de-Luz, est formé par une falaise qui montre de nombreuses échancrures, où débouchent des vallées parcourues par de petits cours d'eau. Je citerai les vallons de Mouligna, Chabiague, l'Ouabia, Cénitz, etc.

Le pays est constitué par des dépôts crétacés et des dépôts nummulitiques, connus et étudiés en détail depuis longtemps; ils forment un plateau, incliné au Nord, dont l'altitude atteint 70^m et 80^m au-dessus du niveau de la mer, sur le bord de la falaise.

Au débouché des vallées dans la mer, on trouve des dépôts d'argile avec lignite et avec troncs d'arbres, qui sont au niveau de la marée haute; ces dépôts sont surmontés d'un terrain de transport, qui se continue sur le plateau. Ces assises ont été indiquées, à diverses reprises, par les auteurs qui ont étudié les terrains crétacés et les terrains tertiaires du littoral; mais ils n'ont jamais été l'objet d'un examen approfondi. J'ai pu le faire, pour la partie botanique, grâce à l'aide de M. et de Mme Clément Reid, qui se sont fait une spécialité de l'étude des dépôts pléistocènes et des dépôts pliocènes des Iles Britanniques, ainsi que des graines des lignites et des tourbes fossiles [1].

---

[1] Grâce aussi aux subventions sur le Fonds Bonaparte, que m'a accordées l'Académie des Sciences; subventions qui m'ont facilité la visite des côtes d'Angleterre, d'Écosse et de Belgique, comme points de comparaison.

L'étude botanique des dépôts de lignite, considérés dans ce travail, est intéressante en elle-même et permet d'établir l'âge pliocène de ces couches dans les Basses-Pyrénées; ces assises à débris de plantes sont comparables aux couches de Cromer (Norfolk, Angleterre) et de Tegelen (Limbourg, Hollande) qui appartiennent au Pliocène supérieur, ainsi qu'à celles de points situés sur la frontière hollando-allemande, comme Reuver, Brunssum, Swalmen, où la flore est de type plus ancien et appartient au Pliocène moyen. Je prendrai pour exemple les couches qui se trouvent sur la rive droite de la vallée de l'Ouabia, dans la falaise de Bidart. Le vallon actuel de l'Ouabia est creusé dans les assises crétacées et dans un dépôt épais d'alluvions graveleuses, que je rapporte au Pliocène et au Pléistocène; le fond est occupé par des alluvions modernes, souvent marécageuses, constituant un sol plat, qui est facilement inondé par les eaux de l'Ouabia.

Les alluvions pliocènes et pléistocènes ont rempli en partie une grande vallée déjà creusée au Pliocène dans les formations crétacées; celles-ci comprennent les calcaires schisteux et marnes à silex de la *formation de Bidache* surmontés au Nord par des marnes sénoniennes. Le dépôt de comblement de la vallée comprend, de bas en haut :

a. 10^m d'argiles alternant avec des bancs de lignite.

b. 20^m de sables et galets roulés siliceux, avec argiles, constituant un dépôt de transport, en lits entrecroisés.

c. 4^m environ de sable terreux avec des graviers, dont la partie supérieure représente un ancien fond de la vallée de Bidart.

La zone inférieure (argile à lignites) forme une grande lentille qui occupe le fond d'un bassin; au niveau des plus hautes marées, on voit affleurer un banc de lignite épais de 2^m environ; il est compact, dur, très noir, avec des restes de branches; au-dessus, il y a une alternance de couches d'argile brune avec des zones de tourbe ligniteuse. Dans la localité de Cénitz, qui est au sud de Guéthary, j'ai relevé une coupe analogue.

N'ayant pas trouvé des restes d'animaux fossiles dans les trois zones indiquées, j'ai été réduit à chercher si je pouvais obtenir des graines fossiles dans le lignite. J'entend le mot graine, au sens vulgaire du mot; il comprend certains fruits monospermes. Pour dégager ces fossiles, il faut désagréger la tourbe par des procédés chimiques; pour cela, j'ai fait bouillir les échantillons avec de la soude Solvay; la matière cellulosique modifiée est dissoute ou désagrégée en éléments très fins; on lave et l'on

malaxe pour faire partir la matière colorante; on trie ensuite pour séparer les échantillons.

Voici une liste des espèces, parmi celles qu'on a pu déterminer :

Brasenia tuberculata Reid; *Viola* sp.; *Caryophyllaceæ; Hypericum* sp.; *Potentilla* sp.; *Rubus* sp. (n° 1); *Rubus* sp. (n° 2); *Proserpinaca reticulata* Reid; *Ecballium minus* sp. nov.; *Passerina?; Corylus avellana* Linné, var.; *Potamogeton* sp.; *Sparganium noduliferum* Reid ?; *Sparganium* cf. *erectum* Linné; *Cladium* sp.; *Carex* sp.

Cette petite flore est tout à fait différente de ce qui a été trouvé jusqu'ici en France; elle n'a pu être déterminée que parce que M. et Mme Reid viennent de publier une étude sur une grande flore pliocène, obtenue en Hollande par des méthodes semblables, notamment dans la localité de Reuver; quelques-uns des fruits que j'ai trouvés appartiennent à des espèces éteintes du Limbourg hollandais; l'âge serait Pliocène moyen. Cette flore de Reuver, d'environ 300 espèces, renferme une grande proportion à la fois d'espèces et de genres, qui sont maintenant confinés dans les montagnes de l'Asie, principalement dans celles de l'ouest de la Chine et du Thibet. J'ajoute que les seuls types non européens trouvés à Bidart et à Cénitz sont du genre *Brasenia*, qui possède une distribution géographique presque mondiale, quoique ne vivant plus en Europe, et du genre *Proserpinaca*, qui est seulement américain, quoique trouvé fossile en Limbourg.

Conclusions : 1° il existe, au sud de Biarritz, des dépôts de lignite, dont l'âge est très voisin du Pliocène moyen; les plantes citées répondent à une flore différente de celle qu'on retrouve actuellement dans ces mêmes régions; 2° il en résulte qu'il y avait de grandes vallées, déjà creusées au Pliocène; elles s'ouvraient à l'ouest, comme celles d'aujourd'hui; 3° il n'existe aucune preuve certaine d'un déplacement du niveau du sol, submersion ou émersion, depuis l'époque de la formation du lignite pliocène, pour la région considérée; le niveau de la mer pouvait être le même qu'aujourd'hui.

Ce travail montrera, une fois de plus, l'importance géologique de cette région du sud-ouest de la France, placée en avant des Pyrénées, qui a été tellement étudiée pour sa composition, pour ses fossiles et pour sa tectonique compliquée.

MÉTÉOROLOGIE. — *La pluie et la tension de vapeur en Afrique occidentale et équatoriale.* Note [1] de M. **R. Chudeau.**

L'alternance des saisons sèches et pluvieuses et leur relation avec la déclinaison du Soleil sont suffisamment connues. La valeur des précipitations atmosphériques l'est beaucoup moins. Voici les moyennes pour quelques stations comportant au moins cinq années complètes :

	Latitude.	Altitude en mètres.	Nombre d'années.	Dernière année 1900 +	Moyenne (en mm.).	Chiffres extrêmes (en mm.).	
Tombouctou	16°.47′ N	270	8	13	190	128	273
Saint-Louis	16. 1 N	5	21	13	351	149	675
Dakar	14.40 N	30	15	13	507	211	954
Kayes	14.29 N	50	15	12	713	361	1126
Ségou	13.34 N	300	5	13	658	557	774
Niamey	13.30 N	200	8	13	533	332	939
Sedhiou	12.42 N	3	7	13	1130	744	1446
Fort Lamy	12.17 N	300	8	13	662	477	1248
Bobo Dioulasso	11. 5 N	460?	5	13	1103	815	1408
Conakry	9.31 N	16	9	12	4627	4077	5182
Porto Novo	6.28 N	20	12	09	1399	789	2104
Grand Bassam	5.24 N	3	9	11	2208	1798	2815
Libreville	0.23 N	35	14	13	2413	1616	3080
N'Djolé	0. 8 S	120	5	10	1866	1222	2279
Ste-Croix des Eshiras	1.35 S	195	9	10	1839	1399	2275
Ste-Anne de Fernan Vaz	1.35 S	15	5	04	1753	1359	2121
Mayumba	3.25 S	65	6	09	1688	881	2904
Brazzaville	4.17 S	300	7	14	1357	1053	1656

L'écart entre les chiffres extrêmes et le peu de durée des observations montrent que les moyennes ne peuvent avoir qu'un caractère provisoire. Pour Saint-Louis, les moyennes quinquennales donnent 343,8 (1892-1896), 381,1 (1897-1901), 359,2 (1902-1907, manque 1905), 360,9 (1906-1912). La période 1907-1911 donne seulement 273,5; la moyenne 1861-1870 est 408, d'après Borius. L'accord est peu satisfaisant.

Pour le Sahara, à Adrar (27°52′ L. N., Touat), de janvier 1908 à jan-

---

[1] Séance du 2 août 1915.

vier 1912, il est tombé 240^{mm} d'eau; il n'a pas plu en 1911, mais le 20 février 1909, entre 21^{h} et 22^{h}, on a recueilli 93^{mm}; c'est une des plus fortes précipitations connues en 1 heure. Les onze années d'observations d'In Salah n'indiquent de pluie qu'en 1910 ($8^{mm},1$). A Port-Étienne, de 1907 à 1913, la pluie a varié de $2^{mm},5$ à $300^{mm},1$.

On sait que les saisons des pluies sont habituellement encadrées, en Afrique, entre deux séries d'orages. Dans le nord du Soudan, ces orages (tornades) existent seuls; ils peuvent ne pas être accompagnés de pluie (tornades sèches). Fréquemment, les tornades sont précédées d'un coup de vent d'W qui passe brusquement à l'E au moment où arrive la pluie. Avant la tornade, on observe une hausse barométrique qui atteint souvent 1^{mm} à 2^{mm}.

Mais on n'a aucun renseignement sur l'allure du baromètre et du vent à droite et à gauche de la trajectoire de la tornade. Cette trajectoire est le plus souvent rectiligne, de l'Est à l'Ouest. Le 14 juillet 1909, une violente tornade, signalée d'abord à Bourem, a atteint Bamba à 19^{h}; Tombouctou vers 22^{h} et Goundam vers 23^{h}; elle a parcouru les 350^{km} qui séparent Bourem de Goundam à une vitesse comprise entre 70^{km} et 80^{km}.

L'allure de la tornade et la hausse barométrique (crochet d'orage) qui la précède, rapproche ce phénomène des grains. Leur fréquence plus grande entre 15^{h} et 19^{h} est un trait commun avec les orages de chaleur. Peut-être les cartes d'isobare d'été (type à couloir) permettront de préciser un peu le mécanisme encore si mal connu de ces tornades.

Les moyennes de pluie sont encore trop incertaines pour qu'il y ait lieu de rectifier les cartes d'isohyètes actuellement publiées. On peut toutefois fixer avec précision la limite méridionale du désert, où, par définition, il ne tombe que des pluies irrégulières, parfois très abondantes, mais toujours rares. Au sud de cette limite, il pleut tous les ans, dans la zone sahélienne.

Les renseignements indigènes, l'aspect de la végétation qui change brusquement et quelques détails topographiques concordent pour fixer cette limite; sur place, l'incertitude ne dépasse jamais 2^{km} ou 3^{km}; elle est souvent beaucoup moindre. La limite part du cap Timiris (19°22′), atteint le 15° au nord du Tchad et remonte jusqu'au 17° dans l'Ouadaï. A la rencontre de tous les massifs élevés, elle est déviée vers le Nord.

Au voisinage de l'Équateur, la tension de la vapeur d'eau est d'environ 20^{mm}, avec des variations étendues dans les stations continentales (Brazzaville, moyenne annuelle 17,8 à 8^{h}, 23,8 à 16^{h}), plus restreintes dans les

stations littorales (Libreville, 22,1 à 8^h, 23,5 à 16^h; Conakry, 19,6 à 7^h, 22 à 14^h).

A In Salah, 43 mois (de 1905 à 1911) donnent une tension moyenne de 7^{mm},2; le maximum 11,8 a été en juin 1908. L'an 1911, qui a été particulièrement sec, donne une moyenne de 5^{mm},1 (2,6 en avril, 6,9 en septembre). Du 17 janvier au 16 avril 1880, entre le Sud algérien et El Goléah, G. Rolland (*Hydrologie du Sahara algérien*, 1894) a observé des tensions de vapeur variant de 1^{mm} à 10^{mm},9; à El Goléah (30°32′L.N.), du 18 au 23 février, les chiffres extrêmes ont été 1,2 et 5,6; pendant son voyage, il a plu 31 fois. Tilho (*Doc. Sc. de la Mission Tilho*, t. II, 1911, p. 257-258) a noté, en mai, sept fois, des états hygrométriques nuls au nord-est du Tchad. L'absence totale de vapeur d'eau n'est pas admissible, mais ceci indique une tension de vapeur bien faible. Du 9 au 19 janvier 1914, dans le Djouf (vers 22°30′), la moyenne de 38 mesures m'a donné 3^{mm},20 (0,5 le 10; 8,5 le 18). A Araouan (18°54′), aux confins du Sahara, du 9 au 30 novembre 1913, 65 mesures donnent 2,8 (1,2 le 20 à 17^h et 4,5 le 28 à 9^h). Dans la même région, pendant la saison des pluies, en août 1909, la tension de vapeur a été voisine de 15^{mm} (7 à 19).

Plus au Sud, à Tombouctou, la moyenne annuelle est voisine de 9^{mm} (3 à 4 en mars, 19 en août), et le même caractère se retrouve dans toutes les parties du Soudan, où les saisons sont bien tranchées; la tension de vapeur s'élève lentement vers le Sud (Niamey, 6^{mm} en février, 20^{mm} de juillet à septembre, moyenne annuelle 13). Pendant la saison sèche, le régime météorologique y est voisin de celui du Sahara; pendant l'hivernage, ces régions se rapprochent de la zone équatoriale. Sur le littoral, ce caractère se retrouve atténué (Port-Étienne, 10^{mm},8 en janvier, 15,5 en septembre, moyenne 12,4).

Au Sahara, l'évaporation locale ne joue aucun rôle et la tension de vapeur dépend uniquement des masses d'air amenées par le vent, sauf pendant 2 ou 3 jours après une pluie. A Araouan, le 20 novembre 1913, la tension était 3^{mm},3 à 9^h; 2,8 à 15^h; 1,22 à 17^h. A Telik (Djouf), le 18 janvier 1914, la tension est passée de 8^{mm},5 à 9^h à 3^{mm} à 17^h. Les courbes des hygromètres enregistreurs, encore peu nombreuses, mettent bien ces faits en évidence; pour le Sahara central, celles qu'a publiées Foureau (*Doc. Sc. de la Mission saharienne*, 1905, p. 158 et suiv.) ne montrent pas de relation entre l'état hygrométrique et la température. Sur le littoral de Mauritanie, l'arrivée de la brise de mer est

marquée par une montée brusque de la courbe (Gruvel et Chudeau, *A travers la Mauritanie occidentale*, t. II, 1911, pl. IV); pendant la saison sèche tout au moins, le même fait se montre jusqu'à Joal [14°12'] (G. Bigourdan, *Annales du Bureau des Longitudes*, t. V, 1897).

PHYSIOTHÉRAPIE. — *Sur une nouvelle méthode de traitement physique des séquelles de blessures : le massage pulsatoire pneumatique*. Note de M. **J. Bergonié**, présentée par M. L. Landouzy.

Si l'on prend un grand tambour de Marey, c'est-à-dire une cavité close à parois rigides, à l'exception d'une seule, souple et élastique, et qu'on applique cette dernière en maintenant l'appareil sur la face dorsale d'une main déformée par blessure, ankylosée, raidie, ou sur toute autre lésion cicatricielle, on peut, par des variations rythmées de pression transmises à ce tambour récepteur par un organe conjugué transmetteur, arriver à masser mécaniquement et très efficacement ces blocs cicatriciels, désespoir des chirurgiens autant que des physiothérapeutes ! C'est le massage pulsatoire pneumatique.

Les divers récepteurs qu'on peut adapter, en grandeur et en forme, aux cas les plus variés, sont des excitateurs mécaniques assimilables aux excitateurs utilisés en électrothérapie : ils agissent par différence alternative de pression, comme les excitateurs électriques agissent par différence alternative de potentiel. Ils peuvent se brancher, en quantité et en tension, sur la même canalisation *c*, *c*, *c*, alimentée par une même source alternative de variation de pression P, comme nous le faisons en électrothérapie; ils ont une surface variable, une certaine résistance au passage dépendant de la longueur et du diamètre du tuyau, et peuvent être coupés de la canalisation par un robinet interrupteur qui supprime le courant gazeux.

Quant à la source de variation de pression P (organe transmetteur), elle peut être fournie par une pompe à piston, sans soupape ni clapets, dont la cylindrée est proportionnelle au nombre et à la capacité des récepteurs, et aussi à la pression qu'on veut exercer avec eux par unité de surface, chacun d'eux restant d'ailleurs réglable par le robinet qui le commande. Ces pressions peuvent aller jusqu'à 1^{kg} par centimètre carré, et davantage; ou, au contraire, à peine effleurer la peau. La fréquence des alternatives de pression et de repos peut varier, au gré du médecin, avec le nombre des mouvements du piston : une fréquence de 120 pulsations par minute a paru la meilleure.

Voilà pour la technique de la méthode.

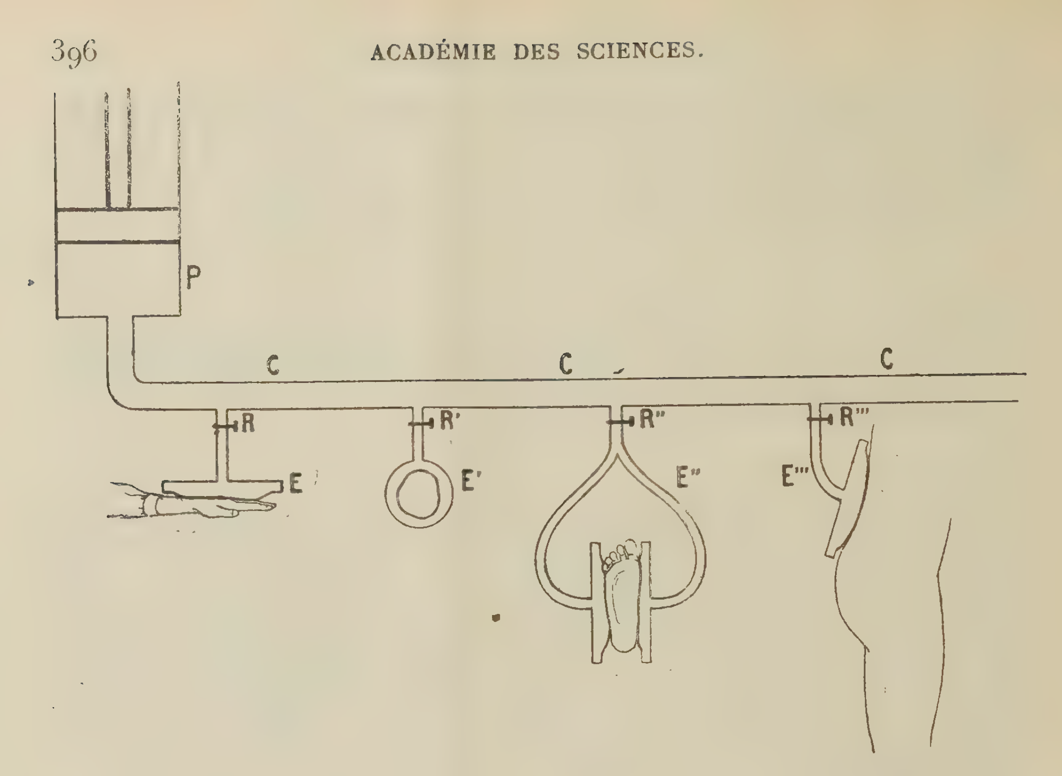


Schéma des récepteurs de la source de pression alternative, et de la canalisation.

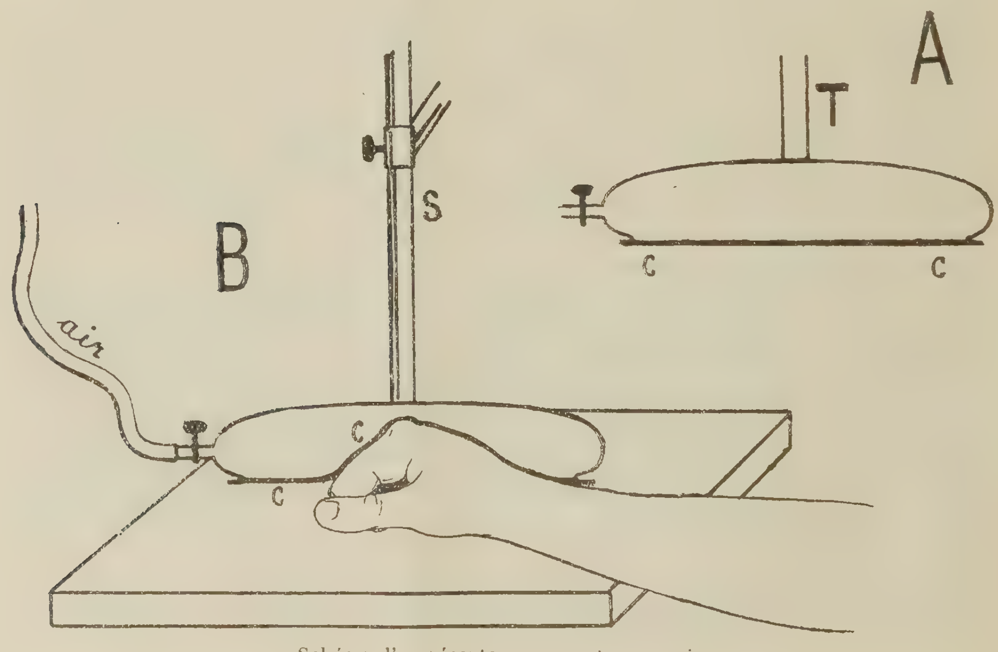


Schéma d'un récepteur massant une main.

Son rendement, avec notre appareil d'essai, qui porte 25 récepteurs, est à 30 minutes d'application par homme, à 6 heures de travail par jour, de 300 séances dans une journée.

Les indications de la méthode dépendent de ses effets physiques et physiologiques; or les pressions élastiques pulsatoires et rythmées agissent sur les vaisseaux, sur la circulation, et aussi sur les cellules, pour en activer la nutrition et les échanges. Ces alternances de pression aident le cœur à renouveler les plasmas nutritifs dont sont imprégnés les tissus cicatriciels, au niveau desquels les vaisseaux n'ont plus ni la dimension, ni la distribution, ni la densité, ni la constitution adéquates à une nutrition normale, rapidement réparatrice.

Ses résultats en seront publiés ailleurs en détail; il suffira de dire ici qu'ils sont particulièrement favorables pour les impotences qui suivent les fractures esquilleuses de la main, les raideurs des doigts, les cicatrices vicieuses adhérentes ou profondes, les myosites cicatricielles et rétractiles, les œdèmes et troubles trophiques, les coalescences tendineuses et musculaires, etc., toutes les lésions secondaires, en un mot, et toutes les séquelles de blessures dans lesquelles le massage agit d'ordinaire efficacement.

Je ne donne pas cette nouvelle méthode comme pouvant remplacer pour un blessé le massage manuel fait par un médecin instruit, expérimenté et vigoureux, y consacrant le même temps; mais à un tel massage médical il y a beaucoup d'appelés et peu d'élus! Ce que j'ai voulu, par le massage pneumatique, très largement applicable en un même temps à un très grand nombre de blessés convalescents, c'est ajouter un nouveau moyen pour diminuer les impotences, si fréquentes et si graves, que laissent après elles les blessures de guerre.

BACTÉRIOLOGIE. — *Résistance aux agents chimiques de certaines races du* B. subtilis *provenant des insectes*. Note de M. **P. Portier**, présentée par M. Dastre.

La larve du *Tenebrio molitor* (Coléoptère) et la chenille du *Myeloïs Cribrella* (Lépidoptère) hébergent normalement un bacille qui appartient au groupe du *subtilis*.

J'ai été amené à étudier la résistance aux agents chimiques de ces microorganismes.

Mode opératoire. — Des cultures pures des microbes provenant des larves désignées sont ensemencées sur bouillon de bœuf ordinaire, ou mieux sur bouillon de bœuf glycériné à 5 pour 100, ou sur bouillon de levure glycériné.

Les voiles cohérents et gaufrés obtenus sont partagés en fragments qui sont immergés dans les liquides dont on veut étudier l'action.

Dans d'autres expériences, des fragments de culture sur gélose sont soumis à l'action des mêmes liquides.

Lorsque la durée qu'on veut donner au contact est atteinte, on éloigne le liquide d'expérience et on le remplace suivant les cas soit par de l'eau distillée stérile, soit par de l'alcool à 95°. Ces liquides sont renouvelés jusqu'à ce que le liquide d'expérience qui imprégnait la culture ait été entièrement éliminé.

On transporte alors aseptiquement le fragment de voile dans un bouillon de culture qu'on place à 40°. On note au bout de combien de temps la culture se produit ou si elle reste négative.

Résultats. — Voici les durées de résistance observées dans les diverses solutions étudiées :

Phénol 5 pour 100, plus de 50 heures.
Formol 20 pour 100, plus de 25 heures.
Teinture d'iode au $\frac{1}{10}$, plus de 24 heures, moins de 48 heures.
Liquide fixateur de Bouin, plus de 13 heures, moins de 24 heures.
Alcool 65°, plus de 14 mois.
Alcool 95°, plus de 14 mois.
Alcool absolu bouillant.
Éther sulfurique bouillant.
Essence de girofles [1], plus de 4 heures.
Essence de térébenthine [1], plus de 15 heures.
Essence de cèdre [1], plus de 15 heures.
Chloroforme [1] pur, plus de 14 mois.
Chloroforme [1] bouillant.

Objections. — Ces résultats semblent de prime abord si surprenants, ils sont si contraires aux notions classiques, qu'ils constituent presque une hérésie scientifique. Il vient immédiatement à l'esprit que quelque erreur de technique est venue fausser les résultats. Après avoir fait cette remarque, je crois inutile d'assurer que j'ai mis tous mes soins à éviter pareille faute. Je me suis assuré en particulier que les liquides de lavage (eau stérilisée ou alcool) ne pouvaient apporter aucun germe.

---

[1] L'immersion dans tous ces liquides a été précédée d'une déshydratation par l'alcool absolu.

Mais on peut donner une série de preuves directes de l'exactitude des résultats annoncés. En voici quelques-unes :

1° Des voiles des mêmes *subtilis*, préalablement tués par la chaleur et soumis aux différents traitements précédents, ne donnent pas de culture.

2° Il y a, pour l'action de chaque antiseptique étudié, une *limite* de durée qui ne peut être dépassée sans que le microorganisme ne soit tué. Ainsi, il y a toujours résistance dans le chloroforme bouillant; mais si l'on chauffe, en tube scellé à 100°, le voile immergé dans le chloroforme, 74 pour 100 des cultures sont tuées au bout de 5 minutes.

3° A mesure qu'on approche de cette limite, le microorganisme met d'autant plus de temps à donner sa culture.

Ainsi, après immersion d'un voile pendant 24 heures dans la teinture d'iode, ce voile lavé à l'alcool ne peut donner de cultures qu'au bout de 7 jours.

Le retard à la culture peut être de 10 jours après immersion dans le formol à 20 pour 100.

4° Ces microorganismes, qui sont restés très longtemps en contact avec l'antiseptique, donnent très fréquemment des formes d'involution.

En résumé, ces races de *subtilis* ont une résistance aux agents chimiques qui dépasse de beaucoup tout ce qui avait été observé jusqu'ici. Ces faits peuvent être utiles à connaître pour la stérilisation des objets de pansement.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les propriétés d'un chromogène universellement répandu dans les végétaux.* Note [1] de M. J. **Wolff** et Mlle **Nadia Rouchelmann**, présentée par M. Roux.

Dans une Note précédente [2], nous avons montré qu'il existe, dans beaucoup de végétaux et en particulier dans les feuilles, des substances qui ont la propriété de s'oxyder à la manière des phénols sous l'influence

(1) Séance du 20 septembre 1915.

(2) *Comptes rendus*, t. 160, 31 mai 1915, p. 716.

de la laccase, et de reprendre l'hydrogène cédé lorsque, à cette action, on ajoute celle d'un iodure alcalin et d'un acide organique.

Nous avons pu étendre nos résultats à un grand nombre de familles végétales nouvelles grâce au concours bienveillant de M. le professeur Costantin qui, avec une grande amabilité, a mis à notre disposition la flore de son jardin botanique. En dehors de leur sensibilité excessive à l'action combinée de la laccase et de l'acide iodhydrique, les chromogènes ont un grand nombre de caractères communs. Ils brunissent sous l'influence de la laccase ou des carbonates alcalins et alcalino-terreux; ils donnent des produits extraordinairement fluorescents lorsque, après les avoir chauffés en présence d'acide sulfurique et de résorcine, on alcalinise les produits de la réaction fortement étendus. D'autre part, de petites quantités de querci-tanin empêchent la réaction déjà citée des chromogènes avec la laccase et l'acide iodhydrique. En outre, la présence des chromogènes ne permet pas l'oxydation du gaïacol par la laccase. [On a ainsi l'explication d'un fait constaté depuis longtemps et toujours mal interprété, même par Bach qui l'attribue à l'action d'une réductase, à savoir que dans beaucoup de tissus végétaux on ne peut, malgré la présence de la laccase, obtenir l'oxydation du gaïacol, tandis que le bleuissement caractéristique de la teinture de gaïac se produit assez bien [1]]. Toutes les propriétés communes que nous venons d'énumérer tendent donc à identifier les chromogènes rencontrés par nous pour n'en faire qu'une seule et même substance. On peut considérer les matières colorantes brunes qui se forment dans divers végétaux comme des produits d'oxydation de cette substance : le pigment brun qu'on observe chez la pomme blessée ou sectionnée, celui des marrons d'Inde, celui des feuilles mortes et enfin la coloration brune qu'on observe en soumettant de nombreuses macérations de plantes vertes à l'action de la laccase.

Palladin [2] pense que les chromogènes existent dans les plantes sous forme de glucosides, et il propose d'appeler *prochromogènes* les glucosides qui, par dédoublement, peuvent donner naissance à un chromogène. Il a pu obtenir un chromogène oxydable par la peroxydase en dédoublant, sous l'influence de l'émulsine, un glucoside contenu dans les radicelles du froment et pour lequel il propose le nom de *synergine*. Le même auteur a

---

[1] Le tanin empêche également l'oxydation du gaïacol par la laccase.

[2] W. PALLADIN, *Bioch. Zeitschr.*, t. 27, 1910, p. 442.

soumis, à l'action combinée de l'émulsine et de la peroxydase, un grand nombre de glucosides parmi lesquels l'arbutine seule a donné naissance à un composé peu coloré. La coloration rose que l'auteur a observée provenait évidemment des produits d'oxydation de l'hydroquinone. Nous avons également examiné un certain nombre de glucosides tels que : populine, solanine, arbutine, amygdaline, salicine au point de vue de la sensibilité des groupements aromatiques qu'ils renferment vis-à-vis de la laccase et de l'acide iodhydrique, en nous plaçant dans les conditions suivantes : *On prépare des solutions à* 1 *pour* 100 *des divers glucosides dans l'acide sulfurique* $\frac{N}{2}$. *Après* 48 *heures de contact* (¹), *on neutralise avec du carbonate de calcium. On filtre et l'on fait agir ensuite sur* 2^{cm^3} *de chacune de ces solutions deux gouttes d'une macération glycérinée de* Russula delica *riche en laccase*, $0^{cm^3},25$ *d'iodure de potassium amidonné et trois gouttes d'acide acétique normal.* Nous n'avons pu obtenir ici aucun résultat, tandis qu'avec les extraits des végétaux renfermant les mêmes glucosides, nous avons observé, en opérant dans les mêmes conditions, une coloration bleue instantanée et intense. Cette réaction est donc bien provoquée par une substance particulière qui n'a rien de commun avec les glucosides examinés. Il est curieux de constater que l'hydroquinone qui provient du dédoublement de l'arbutine ne peut donner lieu à cette réaction (²). On ne peut donc confondre le chromogène extrait par l'ébullition des feuilles de poirier avec l'hydroquinone provenant du dédoublement de l'arbutine que ces feuilles renferment. A notre connaissance, le gaïacol est le seul composé aromatique bien défini qui se rapproche du chromogène des végétaux par sa sensibilité à l'action combinée de la laccase avec l'iodure de potassium et l'acide acétique.

(¹) On a répété les mêmes expériences après 15 jours de contact et les résultats ont été identiques.

(²) Avec l'acide sulfurique, la réaction se produit, mais alors on s'écarte des conditions physiologiques.

CHIRURGIE. — *Sur l'emploi de la balance d'induction de Hughes pour la recherche des projectiles dans le corps des blessés.* Note [1] de M. A. DE LA BAUME PLUVINEL, présentée par M. G. Lippmann.

Plusieurs appareils basés sur le principe de la balance d'induction de Hughes ont été proposés pour localiser les projectiles métalliques dans l'organisme. Ces appareils consistent essentiellement en une bobine de $0^m,03$ à $0^m,05$ de diamètre qu'on déplace à la surface du corps jusqu'à ce que le son perçu dans le téléphone soit aussi intense que possible. La position de la bobine, lorsque cette condition est réalisée, indique le point de la peau le plus rapproché du projectile [2].

Mais l'emplacement d'un corps étranger pouvant être déterminé avec beaucoup de précision par la radiographie ou la radioscopie, je n'ai pas cherché à le localiser par une exploration à la surface de la peau; mon but a été sensiblement différent: je me suis proposé d'armer l'extrémité du doigt du chirurgien d'un appareil de petites dimensions qui lui permît, en explorant l'intérieur d'une plaie, de reconnaître la direction dans laquelle il convient de débrider les tissus pour atteindre le plus directement possible le corps étranger. L'emploi de cet appareil sera souvent nécessaire, même lorsqu'une localisation radiographique aura été faite. Il arrive fréquemment, en effet, à cause de la mobilité des tissus, que, malgré tout le soin apporté aux opérations radiographiques, le projectile ne se trouve pas immédiatement sous le doigt du chirurgien, au fond de l'ouverture qui a été faite pour l'extraire. C'est alors que l'appareil pourra être utilement employé pour guider le praticien vers le corps étranger, à la condition, toutefois, que ce corps ne se trouve pas à plus de 1^{cm} à 2^{cm} de l'extrémité du doigt.

L'appareil en question n'est autre chose que la bobine exploratrice de la balance de Hughes. Cette bobine mesure 15^{mm} de diamètre et 3^{mm}

---

(1) Séance du 20 septembre 1915.

(2) L'application de la balance de Hughes à la recherche des projectiles dans l'organisme paraît avoir été indiquée, pour la première fois, par Graham Bell (*Comptes rendus*, t. 93, 1881, p. 625). M. Lippmann a rappelé, au commencement de la guerre, cette ingénieuse méthode (*Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 627).

d'épaisseur; elle est faite en fibre et porte 130 tours de fil double en cuivre émaillé de $0^{mm},1$ de diamètre. Les quatre extrémités des fils sont reliées électriquement aux autres pièces de la balance d'induction. Celles-ci consistent en une bobine pareille à la bobine exploratrice, un appareil de réglage pour équilibrer les courants d'induction qui prennent naissance dans les deux bobines, un ou deux téléphones, un interrupteur rapide et une source d'électricité, pile ou accumulateur. Dans les conditions où j'opère, on perçoit un son dans le téléphone dès que la bobine exploratrice est à moins de 15^{mm} d'un fragment de fer pesant $0^{g},2$. La présence d'une balle en cuivre ou en plomb est reconnue à la même distance, mais de très petits fragments de cuivre, de plomb ou de tout autre métal non magnétique, n'agissent pas sur la balance et ne peuvent pas être décelés par l'appareil.

Pour se servir de la bobine exploratrice, le chirurgien la place à l'extrémité de l'un de ses doigts, de préférence sur la pulpe du médius de la main gauche, et la maintient en place à l'aide d'un doigtier en caoutchouc stérilisé. On peut, en outre, recouvrir la main d'un grand gant en caoutchouc. Le doigt ainsi armé de la bobine exploratrice est introduit dans la plaie et on le fait tourner sur lui-même pour explorer les parois de la plaie. Dans une certaine position du doigt, on perçoit dans le téléphone un son dont l'intensité est maximum; à ce moment l'axe de la bobine est orienté vers le projectile, qu'il est alors facile d'atteindre en limitant le débridement des tissus au strict nécessaire. Quelquefois, lorsque le corps étranger est très petit, il se déplace dans la plaie sous le doigt du chirurgien; la bobine exploratrice permet alors de le suivre jusqu'à ce qu'il soit amené au bout du doigt. Enfin, sur le front, l'appareil permettra la recherche rapide des projectiles par l'introduction du doigt muni de la bobine, dans la plaie produite par la blessure.

L'appareil a été employé jusqu'ici par M. Tuffier et M. Phocas, et leur a permis d'extraire facilement plusieurs petits éclats d'obus.

La séance est levée à 16 heures.

G. D.